

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
19. Februar 2004 (19.02.2004)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
WO 2004/014647 A1(51) Internationale Patentklassifikation: B32B 18/00,  
C04B 35/638, H01G 4/12

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): ALTHOFF, Anke  
[AT/AT]; Greifensteinerstr. 114/2/1, A-3423 St.-An-  
dra-Wörtern (AT). GRABNER, Holger [AT/AT];  
Waldgasse 3/3/2, A-7011 Zagersdorf (AT).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2003/002611

(22) Internationales Anmeldedatum:

4. August 2003 (04.08.2003)

(74) Anwalt: EPPING HERMANN FISCHER PATEN-  
TANWALTSGESELLSCHAFT MBH; Ridlerstrasse 55,  
80339 München (DE).

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(81) Bestimmungsstaaten (national): JP, US.

(30) Angaben zur Priorität:  
102 35 452.9 2. August 2002 (02.08.2002) ✓ DE(84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT,  
BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR,  
HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR).(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme  
von US): EPCOS AG [DE/DE]; St.-Martin-Str. 53, 81669  
München (DE).

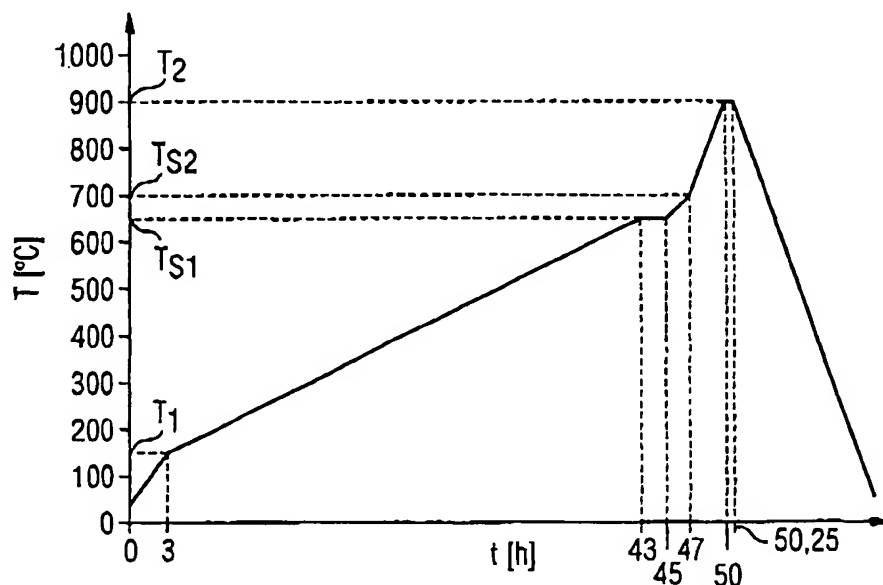
Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD FOR PRODUCING A CERAMIC SUBSTRATE

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG EINES KERAMISCHEN SUBSTRATS



(57) **Abstract:** The invention relates to a method for producing a ceramic multi-layer substrate, in which the debinding and sintering stages directly succeed one other, without an intervening cooling of the multi-layer substrate. The advantage of said method is that the risk of cracking is reduced. In an advantageous variant of the invention, part of the debinding process is carried out in an inert atmosphere and the atmosphere is subsequently converted to one containing air. The temperature is simultaneously lowered to a value that does not however drop below the minimum temperature for the debinding process, in order to prevent organic components in the binding agent from oxidising too rapidly and the explosive expulsion of CO<sub>2</sub>.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2004/014647 A1

P2002,0642

10/523345

DT12 Rec'd PCT/PTO 01 FEB 2005

1

## Beschreibung

## Verfahren zur Herstellung eines keramischen Substrats

- 5 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines keramischen Substrats mit einem Stapel von übereinanderliegenden Schichten.

- Die Schichten des Stapels enthalten jeweils ein ungesintertes  
10 Keramikmaterial und Bindemittel und bilden zusammen einen Grundkörper, der entbindert und gesintert wird.

- Es ist z. B. ein Verfahren bekannt, bei dem das Entkohlen des Grundkörpers in einem Kammerofen durchgeführt wird, welcher  
15 über eine längere Zeit auf eine für das Entkohlen geeignete Temperatur geheizt wird. Anschließend wird der auf die Raumtemperatur abgekühlte Grundkörper dem Kammerofen entnommen und zusammen mit anderen bereits entkohlten Grundkörper mit einem Förderband einem Förderband-fähigen Sinterofen zuge-  
20 führt. Das Sintern dauert nicht so lange wie das Entkohlen, weswegen die Verwendung eines kontinuierlichen Prozesses hier in Betracht kommt.

- Das bekannte Verfahren hat den Nachteil, daß es zur Herstel-  
25 lung von Vielschichtsubstraten aus verschiedenen Keramikmaterialien mit unterschiedlichen Dielektrizitätskonstanten und in der Regel unterschiedlichen thermischen Ausdehnungskoeffizienten, bei denen Schichten mit Durchkontaktierungen versehen sind, nicht geeignet ist. Es wurde festgestellt, daß bei  
30 der Herstellung solcher Vielschichtsubstrate häufig Risse zwischen den Durchkontaktierungen, die üblicherweise aus einer metallhaltigen Paste gefertigt sind, und der die Umgebung der Durchführung bildenden keramischen Schicht auftreten.

- 35 Es ist daher Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren zur Herstellung eines keramischen Vielschichtsubstrats anzugeben, bei dem die Gefahr der Rißbildung vermindert ist.

P2002,0642

2

Diese Aufgabe wird gelöst durch ein Verfahren nach Patentanspruch 1. Vorteilhafte Ausgestaltungen des Verfahrens sind den weiteren Patentansprüchen zu entnehmen.

5

Es wird ein Verfahren zur Herstellung eines keramischen Substrats angegeben, bei dem in einem ersten Schritt ein Grundkörper bereitgestellt wird. Der Grundkörper weist einen Stapel von übereinanderliegenden Schichten auf. Die übereinanderliegenden Schichten bestehen jeweils aus einem ungesinter-

10 derliegenden Schichten bestehen jeweils aus einem ungesinter-

ten Keramikmaterial, welches ferner noch ein Bindemittel enthält. Der Grundkörper weist elektrisch leitende vertikale Durchführungen auf, die jeweils durch zumindest eine der Schichten hindurch gehen. In einem weiteren Schritt werden

15 die Schichten vorzugsweise in inerter Atmosphäre (z. B. in einer Stickstoff enthaltenden Atmosphäre) entbindert, wobei während des Entbinderns eine Mindesttemperatur gehalten wird. Im darauffolgenden Schritt wird der Grundkörper gesintert, wobei das Sintern bei einer Temperatur stattfindet, die größer

20 ßer als die Mindesttemperatur der Entbinderung ist. Die Mindesttemperatur der Entbinderung ist von der Zusammensetzung des zu entbindernden Materials abhängig. Während der gesamten Dauer der beiden letztgenannten Verfahrensschritte wird die Temperatur T des Grundkörpers so gehalten, daß sie die Mindesttemperatur  $T_{E1}$  der Entbinderung nicht unterschreitet.

25

Sowohl Entbindern als auch Sintern werden erfindungsgemäß in ein und demselben Ofen durchgeführt. Dies verhindert das Abkühlen des keramischen Grundkörpers auf Raumtemperatur. Ferner wird das Verfahren dadurch vereinfacht, da ein Wechsel des Ofens vermieden wird.

30

Das Verfahren hat den Vorteil, daß ein Abkühlen des Grundkörpers auf Raumtemperatur zwischen dem Entbindern und dem Sintern vermieden wird. Das Abkühlen des Grundkörpers auf Raumtemperatur zwischen dem Entbindern und dem Sintern birgt nämlich die Gefahr in sich, daß aufgrund der unterschiedlichen

35

P2002,0642

3

- thermischen Ausdehnungskoeffizienten der elektrisch leitenden Durchführung und der umgebenden Schicht Risse entstehen. Aufgrund des Verfahrens wird die Abkühlung auf Raumtemperatur vermieden, wodurch auch die Gefahr der Entstehung von Rissen vermindert werden kann. Der Grundkörper wird erst nach dem Sintern, also in dem Stadium abgekühlt, in dem die Keramikmaterialien bereits eine ausreichende Festigkeit haben, um so die Gefahr der Entstehung von Rissen wirksam zu vermindern.
- 5
- 10 Unter Entbindern soll ein Prozeß verstanden werden, der geeignet ist, die organischen Bestandteile, insbesondere Lösungs- und Bindemittel, aus den Schichten zu verflüchtigen.

- Es ist möglich, die Verfahrensschritte Entbindern und Sintern in Luftatmosphäre durchzuführen. Möglich ist es auch, Entbindern und Sintern in inerter Atmosphäre durchzuführen. Eine weitere Möglichkeit besteht darin, die Atmosphäre im Ofen während des Entbinderns umzustellen, um z. B. die Geschwindigkeit des Oxidierens der organischen Komponenten zu steuern. Eine zusätzliche Möglichkeit, die Geschwindigkeit des Oxidierens zu steuern, ist eine entsprechende Einstellung des Temperaturprogramms des Ofens, wobei die Richtung und Rate der Temperaturänderung zweckmäßig variiert werden. Z. B. kann die Temperatur in einigen Zeitbereichen konstant gehalten oder abgesenkt werden, wobei jedoch die momentane Temperatur zu jeder Zeit oberhalb der Mindesttemperatur des Entbinderns liegt.
- 15
- 20
- 25

- Die Entbinderung wird erfindungsgemäß in einem Temperaturbereich  $T_{E1} - T_{E3}$  ( $T_{E1} < T_{E3}$ ) durchgeführt, wobei die Temperatur in einer Variante der Erfindung während der Entbinderung im Wesentlichen monoton von  $T_{E1}$  auf  $T_{E3}$  erhöht werden kann.
- 30

- In der bevorzugten Variante der Erfindung wird die Temperatur zunächst vorzugsweise monoton von  $T_{E1}$  auf  $T_{E2}$  ( $T_{E1} < T_{E2} < T_{E3}$ ) erhöht. Dieser Schritt erfolgt vorzugsweise in inerter Atmosphäre, wobei unerwünschtes Oxidieren der Lösungs- und Binde-
- 35

P2002,0642

4

mittel absichtlich (vorübergehend) verringert bzw. verhindert werden kann.

Anschließend wird die Atmosphäre im Ofen auf Luftatmosphäre umgestellt. Beim Umstellen der Ofenatmosphäre bei vergleichsweise hohen Temperaturen  $> T_{E2}$  besteht die Gefahr, daß das Oxidieren der organischen Komponenten zu schnell erfolgt und das dabei entstehende Kohlenstoffdioxid aus den Schichten explosionsartig heraustritt. Um das zu schnelle Heraustreten von Kohlenstoffdioxid aus den Schichten zu unterbinden, kann vorzugsweise gleichzeitig mit der Umstellung der Atmosphäre oder unmittelbar davor die Temperatur  $T$  des Grundkörpers auf den Wert von  $T_{E1} \leq T_{E1} < T_{E2}$  (vorzugsweise annähernd bis  $T_{E1}$ ) abgesenkt werden. Anschließend wird die Temperatur vorzugsweise monoton bis zur Endtemperatur  $T_{E3}$  des Entbinderns erhöht.

Anschließend erfolgt eine weitere Erhöhung der Temperatur auf zumindest den Wert, der zum Sintern aller Schichten erforderlich ist. Erst nach dem Sintern wird der Grundkörper bzw. das Vielschichtsubstrat im Ofen auf Raumtemperatur abgekühlt und dem Ofen entnommen.

Das Abkühlen des Grundkörpers auf die Raumtemperatur erfolgt also erst in einem Stadium, in dem die Festigkeit der Keramikschichten bereits ausreichend ist, um die Gefahr der Entstehung von Rissen zu vermindern.

Zwischen den Schichten sind vorzugsweise strukturierte Metallisierungsebenen vorgesehen, welche wie auch die vertikalen elektrischen Durchführungen mit einer metallhaltigen Paste erzeugt werden können.

Vorteilhafterweise kann als Stapel von übereinanderliegenden Schichten ein Stapel verwendet werden, bei dem die Keramikmaterial enthaltenden Schichten jeweils Durchbrüche aufweisen, welche mit einer metallhaltigen Paste gefüllt sind. Dies hat

P2002,0642

5

den Vorteil, daß die elektrisch leitenden Verbindungen zwischen übereinander angeordneten Metallebenen auf einfache Art und Weise hergestellt werden können.

- 5 Die ungesintertes Keramikmaterial enthaltenden Schichten, welche üblicherweise auch als Grünfolien bezeichnet werden, können bereits vor der Bildung des Stapels mit Durchbrüchen versehen werden. Dies kann beispielsweise mittels Stanzen geschehen. Nach dem Stanzen werden die Durchbrüche mit einer
- 10 metallhaltigen Paste gefüllt. Erst danach werden die Grünfolien übereinandergestapelt und durch Laminieren der Grundkörper hergestellt.

- Vorteilhafterweise kann als metallhaltige Paste eine Paste
- 15 verwendet werden, die Edelmetalle wie Silber und Palladium enthält.

- Desweiteren ist es vorteilhaft, wenn sich in dem Stapel die Materialien von übereinanderliegenden Schichten unterscheiden
- 20 und im Stapel so wenigstens zwei voneinander verschiedene Keramikmaterialien enthalten sind. Beispielsweise kommt es in Betracht, für eine im Innern des Stapels liegende Grünfolie ein Keramikmaterial zu verwenden, welches eine Dielektrizitätskonstante von etwa  $\epsilon = 20$  aufweist. Dadurch gelingt die
- 25 Herstellung von keramischen Substraten, die Kondensatoren einer hohen Kapazität enthalten. Desweiteren ist es vorteilhaft, die unterste und die oberste Schicht des Stapels von übereinanderliegenden Schichten mittels eines Keramikmaterials herzustellen, das eine niedrigere Dielektrizitätskonstante
- 30 te von z. B.  $\epsilon = 8$  aufweist.

Desweiteren ist es vorteilhaft, die Materialien gemäß der folgenden Regel auszuwählen:

- 35 Ein erstes im Grundkörper enthaltenes Keramikmaterial beginnt bei einer Temperatur  $T_{S1}$  zu sintern. Ein zweites im Grundkörper enthaltenes Keramikmaterial beginnt bei einer Temperatur

P2002,0642

6

$T_{S3}$  zu sintern. Ferner beginnt die im Grundkörper enthaltene metallhaltige Paste bei einer Temperatur  $T_{S2}$  zu sintern. Ferner gilt:  $T_{S1} < T_{S2} < T_{S3}$ . Um einen dicht gesinterten Grundkörper zu erhalten, wird vorzugsweise bei einer Temperatur  
5 gesintert, welche die Sintertemperatur  $T_{S3}$  übersteigt.

Für die Dielektrizitätskonstante  $\epsilon_1$  desjenigen Keramikmaterials, das die kleinere Dielektrizitätskonstante aufweist, kann vorteilhafterweise gelten:  $7 \leq \epsilon_1 < 8,5$ .

10

Ferner kann für die Dielektrizitätskonstante  $\epsilon_2$  desjenigen Keramikmaterials, das die größere Dielektrizitätskonstante aufweist, gelten:  $18 \leq \epsilon_2 \leq 22$ .

15 Auf der obersten Schicht, unter der untersten Schicht und zwischen zwei übereinander liegenden Schichten kann je eine strukturierte Metallisierungsebene vorgesehen sein, die aus der metallhaltigen Paste gebildet wird. Die Durchführungen stellen vertikale elektrische Verbindungen zwischen den Metal-  
20 lisierungsebenen dar.

Im folgenden wird die Erfindung anhand eines Ausführungsbeispiels und den dazugehörigen Figuren näher erläutert.

25 Figur 1 zeigt beispielhaft den Temperaturverlauf während der Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens in einem Diagramm, bei dem die Temperatur über der Zeit aufgetragen ist.

30 Figur 2 zeigt beispielhaft ein mit erfindungsgemäßen Verfahren hergestelltes Substrat in einem schematischen Querschnitt.

Figur 1 zeigt ein beispielhaftes Temperaturprofil für die Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Herstellung eines keramischen Substrats. Ein oder auch mehrere Grundkörper  
35 werden beginnend bei Raumtemperatur während einer Dauer von 3

P2002,0642

7

Stunden auf eine Temperatur  $T_{E1}$  (Beginn der Entbinderung) aufgeheizt. Diese Temperatur  $T_{E1}$  beträgt in dem Beispiel aus Figur 1  $T_{E1} = 200^\circ \text{C}$ . Dies ist die Temperatur, die hier während des Entbinderns nicht unterschritten werden sollte. Die Erhöhung der Temperatur bis  $T_{E1}$  kann in Luft-Atmosphäre oder alternativ in inerter Atmosphäre erfolgen.

Ab dieser Temperatur beginnt nun ein großer Teil der organischen Bestandteile zu entweichen. Deshalb wird die Temperatur vorzugsweise in inerter Atmosphäre und dabei gleichmäßig und langsam (z. B. ca. 13 Stunden) auf einen Wert  $T_{E2}$  erhöht. Im weiteren Verlauf des Verfahrens wird der Ofen in dieser Variante der Erfindung auf Luft-Atmosphäre umgestellt und dabei die Temperatur zunächst wieder auf den Wert  $T_{E1} \leq T < T_{E2}$  abgesenkt. Ohne eine derartige Temperaturabsenkung kann es zu explosionsartigen Verpuffungen kommen, die zur Beschädigung bis zur Zerstörung des keramischen Grundkörpers führen können.

Nach der Umstellung des Ofens auf die Luft-Atmosphäre wird der Entkohlungsprozeß fortgesetzt. Der Temperatur des Grundkörpers wird nun auf eine Temperatur  $T_{E3}$  angehoben, die vorzugsweise  $450^\circ\text{C}$  beträgt und für eine Dauer von rund 1 Stunde konstant gehalten wird. Nun entweichen auch die letzten organischen Bestandteile des Grundkörpers. Anschließend ist das Entkohlen abgeschlossen. Der keramische Grundkörper wird daraufhin rampenförmig auf die Sintertemperatur  $T_{S1}$  aufgeheizt, bei der die Schichten 2 aus einem ersten Keramikmaterial zu sintern beginnen.

30

Für das beispielhafte Temperaturprofil aus Figur 1 wird ein keramisches Substrat gemäß Figur 2 betrachtet. Dieses keramische Substrat umfaßt einen Grundkörper 1, welcher einen Stapel 1a von übereinanderliegenden Schichten 2, 3 enthält. Die übereinanderliegenden Schichten 2, 3 enthalten ein ungesintertes Keramikmaterial, welches seinerseits zusätzliche organische Bestandteile wie Lösungsmittel und Bindemittel ent-



P2002,0642

8

hält. Dabei sind die Schichten 2 vorzugsweise so ausgeführt, daß sie nach dem Sintern eine Dielektrizitätskonstante  $\epsilon_1$  von ca. 8 aufweisen. Zwischen den beiden Schichten 2 befindet sich noch eine weitere Schicht 3, die aus einem zweiten Keramikmaterial besteht (oder zumindest eine Teilschicht aus dem zweiten Keramikmaterial umfaßt). Das zweite Keramikmaterial ist ein Keramikmaterial (vorzugsweise ein sogenanntes K20-Material) mit einer Dielektrizitätskonstante  $\epsilon_2$ , die von  $\epsilon_1$  unterschiedlich ist. Das K20-Material ist ein Keramikmaterial, welches eine Dielektrizitätskonstante  $\epsilon_2$  von etwa 20 aufweist. Ferner sind in den Schichten 2, 3 vertikale Durchbrüche ausgebildet, die mit einer metallhaltigen Paste gefüllt sind und so elektrisch leitende Durchführungen 4 bilden. In den einzelnen Lagen der Schicht 3 sind Innenelektroden 6 so angeordnet, dass ein Kondensator gebildet wird. Der Kondensator ist mit einem elektrischen Bauelement 5 auf der Oberseite des Grundkörpers 1 elektrisch leitend verbunden.

Die Sintertemperaturen der Materialien in den Schichten 2 und 3 beziehungsweise in der elektrisch leitenden Durchführung 4 sind so gewählt, daß für die Sintertemperatur  $T_{S1}$  des Keramikmaterials der Schicht 2, für die Sintertemperatur  $T_{S3}$  des Keramikmaterials der Schicht 3 sowie für die Sintertemperatur  $T_{S2}$  der metallhaltigen Paste gilt:  $T_{S1} < T_{S2} < T_{S3}$ . Gemäß Figur 1 gilt für die Temperaturen:

$$T_{S1} = 625^\circ \text{ C}$$

$$T_{S3} = 700^\circ \text{ C}$$

Daraus geht hervor, daß nach der über die lange Dauer von 40 Stunden hochgefahrenen Rampe eine Temperatur von  $625^\circ \text{ C}$  erreicht wird, bei der das erste Keramikmaterial zu sintern beginnt. Die Temperatur wird ca. 2 Stunden konstant gehalten und anschließend schnell auf den Wert  $T_S \geq T_{S3}$ , z. B.  $T_S = 900^\circ \text{ C}$  erhöht. Somit wird eine Temperatur erreicht, bei der die Schichten 2, 3 des keramischen Grundkörpers dicht sintern. Gleichzeitig beginnen nämlich während der Temperaturer-

P2002,0642

9

höhung von  $T_{S1}$  auf  $T_9$  auch die Schicht 3 aus dem zweiten Keramikmaterial mit der Sintertemperatur  $T_{S3}$  sowie die metallische Durchführung und die Innenmetallisierung zu sintern. Diese Temperatur wird nun für 0,25 Stunden gehalten, um einen dicht  
5 gesinterten keramischen Grundkörper zu erhalten.

Erst nachdem alle Schichten und Materialien des Grundkörpers gesintert sind, wird gemäß Figur 1 die Temperatur langsam auf Raumtemperatur heruntergefahren.

10

Zumindest eine der Schichten aus dem ersten Keramikmaterial kann mit zumindest einer der Schichten aus dem zweiten Keramikmaterial einen Schichtverbund bilden, wobei vorzugsweise mehrere solche Schichtverbunde gebildet werden und wobei die  
15 strukturierten Metallisierungsebenen jeweils zwischen den Schichtverbunden vorgesehen werden.

Die vorliegende Erfindung beschränkt sich nicht auf die Herstellung von Substraten, die K8- beziehungsweise K20-Materialien enthalten, sondern ist auf jede Art von keramischen Substraten, die Durchkontaktierungen beziehungsweise elektrisch  
20 leitende Durchführungen enthalten, anwendbar.

P2002,0642

10

## Bezugszeichenliste

- |    |     |  |
|----|-----|--|
|    | 1   | Grundkörper  |
|    | 1a  | Stapel   |
| 5  | 2   | Schicht  |
|    | 3   | Schicht  |
|    | 4   | Durchführung   |
|    | 5   | elektrisches Bauelement                                |
|    | 6   | Innenelektrode   |
| 10 | TE1 | Mindesttemperatur der Entbinderung                     |
|    | TE2 | max. Temperatur der Entbinderung in inerter Atmosphäre |
|    | TE3 | Maximale Temp. der Entbinderung                        |
|    | TS1 | Sinterbeginn der ersten Keramikschiicht                |
|    | TS2 | Sinterbeginn der metallhaltigen Paste                  |
| 15 | TS3 | Sinterbeginn der ersten Keramikschiicht                |
|    | TS  | Sintertemperatur des Grundkörpers                      |
|    | T   | Temperatur   |
|    | t   | Zeit   |

P2002,0642

11

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines keramischen Substrats mit folgenden Schritten:

- 5 a) Bereitstellen eines Grundkörpers (1), umfassend einen Stapel (1a) von übereinanderliegenden Schichten (2, 3), die jeweils ein ungesintertes Keramikmaterial und ein Bindemittel enthalten, wobei in den Schichten (2, 3) jeweils elektrisch leitende Durchführungen (4) vorgesehen sind,
- 10 b) Entbindern der Schichten (2, 3) in einem Temperaturintervall  $T_{E1} - T_{E3}$ , wobei  $T_{E1}$  die Mindesttemperatur der Entbinderung und  $T_{E3} > T_{E1}$  ist,
- c) Dicht Sintern der Schichten (2, 3) bei einer Temperatur  $T_s \geq T_{E3}$ ,
- 15 wobei die Verfahrensschritte b) und c) in ein und demselben Ofen durchgeführt werden,
- wobei die Temperatur  $T$  des Grundkörpers (1) während der gesamten Dauer vom Beginn des Verfahrensschritts b) bis zum Ende des Verfahrensschritts c) so gehalten wird, daß sie die
- 20 Mindesttemperatur  $T_{E1}$  der Entbinderung nicht unterschreitet.

2. Verfahren nach Anspruch 1,

bei dem vor Verfahrensschritt a) in den übereinanderliegenden Schichten (2, 3) Durchbrüche ausgebildet und jeweils mit einer metallhaltigen Paste gefüllt werden.

25

3. Verfahren nach Anspruch 2,

wobei eine metallhaltige Paste verwendet wird, die Silber oder Silber-Palladium enthält.

30

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3,

wobei wenigstens zwei der übereinander liegenden Schichten (2, 3) aus verschiedenen Keramikmaterialien bestehen.

35 5. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 4,

bei dem eine erste Schicht aus einem ersten Keramikmaterial und die darüber liegende zweite Schicht (2, 3) aus einem

P2002,0642

12

zweiten Keramikmaterial bereitgestellt werden, wobei das erste Keramikmaterial bei einer Temperatur  $T_{S1}$  und das zweite Keramikmaterial bei einer Temperatur  $T_{S3}$  zu sintern beginnt, wobei die metallhaltige Paste bei einer Temperatur  $T_{S2}$  zu  
5 sintern beginnt,  
wobei gilt:  $T_{S1} < T_{S2} < T_{S3}$ .

6. Verfahren nach Anspruch 5,  
wobei das erste Keramikmaterial so ausgewählt wird, daß es im  
10 gesinterten Zustand eine Dielektrizitätskonstante  $\epsilon_1$  aufweist, wobei gilt:  $7 \leq \epsilon_1 \leq 8,5$  und  
wobei das zweite Keramikmaterial so ausgewählt wird, daß es im gesinterten Zustand eine Dielektrizitätskonstante  $\epsilon_2$  aufweist, wobei gilt:  $18 \leq \epsilon_2 \leq 22$ .

15  
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 6,  
bei dem zwischen den übereinander liegenden Schichten (2, 3) strukturierte Metallisierungsebenen vorgesehen werden, die aus der metallhaltigen Paste gebildet werden.

20  
8. Verfahren nach Anspruch 6,  
bei dem zumindest eine der Schichten aus dem ersten Keramikmaterial mit zumindest einer der Schichten aus dem zweiten Keramikmaterial einen Schichtverbund bildet,  
25 wobei mehrere solche Schichtverbunde gebildet werden,  
wobei die strukturierten Metallisierungsebenen jeweils zwischen den Schichtverbunden ausgebildet werden.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8,  
30 bei dem die Verfahrensschritte b) und c) in inerter Atmosphäre durchgeführt werden.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8,  
bei dem die Verfahrensschritte b) und c) in Luftatmosphäre  
35 durchgeführt werden.

P2002,0642

13

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8,  
bei dem während des Verfahrensschritts b) die Atmosphäre im  
Ofen von inerter Atmosphäre auf Luftatmosphäre umgestellt  
wird.

5

12. Verfahren nach Anspruch 11,  
bei dem im Verfahrensschritt b)  
zunächst ein erster Teil des Entbinderns im Temperaturinter-  
vall  $T_{E1} - T_{E2}$  bei monotoner Temperaturerhöhung durchgeführt  
10 wird, wobei  $T_{E1} < T_{E2} < T_{E3}$  ist,  
bei dem anschließend die Temperatur  $T$  auf den Wert von  $T_{E1}$   
mit  $T_{E1} \leq T_{E1}' < T_{E2}$  abgesenkt wird,  
bei dem anschließend die Temperatur  $T$  auf den Wert  
 $T_{E3}$  monoton erhöht wird.

15

13. Verfahren nach Anspruch 12,  
bei dem der erste Teil des Entbinderns in inerter Atmosphäre  
durchgeführt wird,  
bei dem die Atmosphäre im Ofen gleichzeitig mit der Absenkung  
20 der Temperatur  $T$  auf den Wert von  $T_{E1} \leq T_{E1}' < T_{E2}$  auf Luftat-  
mosphäre umgestellt wird.

P2002,0642

14

## Zusammenfassung

## Verfahren zur Herstellung eines keramischen Substrats

- 5 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines  
keramischen Vielschichtsubstrats, wobei die Schritte Entbin-  
dern und Sintern direkt aufeinanderfolgen, ohne daß das Viel-  
schichtsubstrat zwischendurch abgekühlt wird. Dadurch wird  
der Vorteil erzielt, daß die Gefahr der Rißbildung vermindert  
10 ist. In vorteilhaften Variante der Erfindung wird ein Teil  
des Entbinderns in inerter Atmosphäre durchgeführt, wobei die  
Atmosphäre anschließend auf Luft umgestellt wird. Dabei wird  
gleichzeitig die Temperatur auf einen Wert abgesenkt, der die  
Midesttemperatur der Entbinderung jedoch nicht unterschrei-  
15 tet, um zu schnellem Oxidieren organischer Komponenten der  
Bindemittel und expolsionsartigem Heraustreten von  $\text{CO}_2$  vorzu-  
beugen.

20 Figur 1

FIG 1

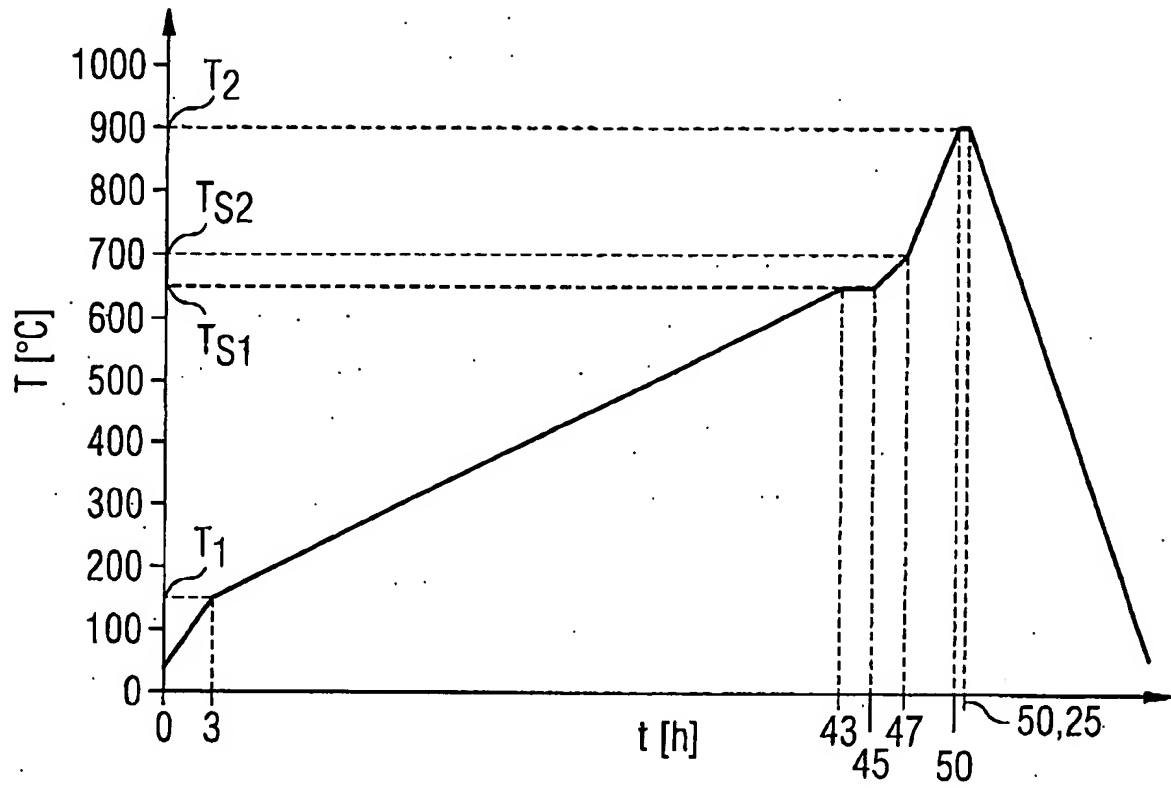


FIG 2

